

УДК 621.382.2:621.326

А. А. Ашрятов, канд. техн. наук,
И. А. Барина, канд. техн. наук,
 ФГБОУ ВПО «Мордовский
 государственный университет
 им. Н. П. Огарева»,
 Республика Мордовия, 430005,
 г. Саранск, ул. Большевикская,
 д. 68, +7 834 229 08 20,
 E-mail: ashryatov@rambler.ru,
barinovastf@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП И ИХ ДРАЙВЕРОВ

Введение. В настоящее время повсеместно проводятся мероприятия по повышению энергоэкономичности осветительных установок [1]. Одним из путей энергосбережения в осветительной технике, особенно в сфере бытового освещения, является использование светодиодных ламп, предназначенных для прямой замены ламп накаливания, так называемые ретрофитные лампы, объем производства и номенклатура которых с каждым годом возрастает. Это связано с тем, что для эксплуатации данных ламп не требуется новая электрическая инфраструктура осветительной установки и, как следствие, новых капитальных затрат при внедрении новых энергоэкономичных источников света. В периодической литературе приводится разнообразная информация о светодиодных лампах для прямой замены ламп накаливания (СДЛПЗ) [2]. В данной работе рассматриваются результаты исследования характеристик СДЛПЗ различных производителей с точки зрения использованных в их драйверах схемотехнических решений.

Экспериментальное исследование светодиодных ламп. Для сравнительных исследований были выбраны три светодиодные лампы прямой замены ламп накаливания для питания от сети переменного тока 220 В (рис. 1). На всех упаковках СДЛПЗ приводится бренд фирмы, напряжение питания и мощность лампы, тип цоколя – E27 и где произведено. Кратко охарактеризуем каждую лампу согласно информации, приведенной на ее упаковке.

СДЛПЗ **Ledion A55** энергосберегающая светодиодная лампа с высокоэффективным встроенным драйвером, которая не излучает УФ и ИК излучение. Не содержит ртути. Два года гарантии. Лампа предназначена для замены лампы накаливания мощностью 40 Вт при потреблении 5 Вт. 80 % экономии электроэнергии. Напряжение питания от 100 до 250 В переменного тока. Габаритные размеры: диаметр колбы 60 мм, длина лампы 115 мм. Лампа имеет холодно-белую цветность излучения. Лампа не предназначена для эксплуатации с диммером и не предназначена для освещения и обозначения запасного выхода. Лампа произведена в Тайване.

СДЛПЗ **OSRAM LED PARATHOM** энергосберегающая светодиодная лампа мгновенного зажигания, которая излучает тепло-белое излучение с цветовой температурой 3000 К с индексом цветопередачи $R_a = 80$. Не содержит ртути. Лампа имеет срок службы 25 000 часов (25 лет при условии горения 2,7 часов в сутки) при 100 000 включениях. Лампа предназначена для замены лампы накаливания

мощностью 25 Вт при потреблении 6 Вт. Световой поток лампы 290 лм. Напряжение питания от 220 до 240 В переменного тока частотой 50-60 Гц. Габаритные размеры: диаметр колбы 55 мм, длина лампы 101 мм. Рабочий диапазон температур от -15 до +40°C. Лампа произведена в Китае.

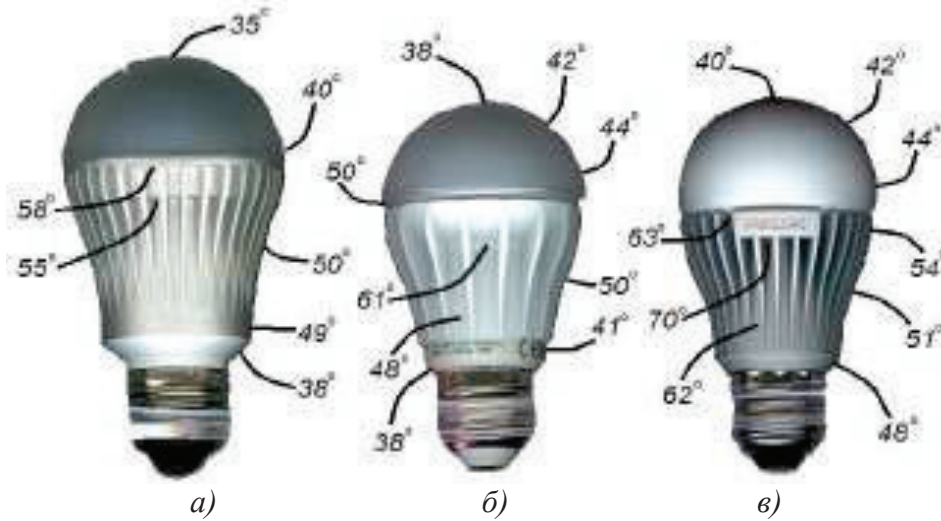


Рис. 1 – Общий вид и распределение температуры исследуемых ламп, измеренное термопарой
 а – модель **Ledion A55**; б – модель **OSRAM LED PARATHOM**;
 в – модель **PHILIPS MASTER LED BULB MV**

СДЛПЗ **PHILIPS MASTER LED BULB MV** энергосберегающая светодиодная лампа мгновенного зажигания, которая не излучает УФ и ИК излучение и излучает тепло-белое излучение с цветовой температурой 3100 К с индексом цветопередачи $R_a = 85$. Лампа имеет срок службы 45 000 часов. Лампа предназначена для замены лампы накаливания мощностью 40 Вт при потреблении 7 Вт. Световой поток лампы 155 лм. Напряжение питания от 230 до 240 В переменного тока частотой 50-60 Гц, максимальный ток 65 мА. Лампа не предназначена для эксплуатации с диммером. Лампа произведена в Китае.

У данной лампы на упаковке явно опечатка, так как заявляется, что лампа предназначена для замены лампы накаливания мощностью 40 Вт, соответственно, световой поток должен быть в районе 415-430 лм. Однако приведенная величина светового потока 155 лм соответствует лампе накаливания мощностью чуть более 15 Вт.

Внутри СДЛПЗ **Ledion** на теплопроводной плате расположено 5 светодиодов (СД), а внутри ламп **PHILIPS** и **OSRAM** – по 4 (рис. 2). В разных лампах используются светодиоды различной конструкции. Во всех СДЛПЗ используется схема последовательного включения СД.

Начальным этапом эксперимента явилась оценка времени стабилизации температуры СДЛПЗ с момента их включения до момента, когда они начинали гореть в установившемся режиме. Лампы исследовались в положении горения цоколем вниз. Изменение температуры контролировалось тепловизором testo 882 и изменением светотехнических характеристик ламп. Результаты эксперимента показали, что СДЛПЗ имеют достаточно длительный период стабилизации температуры, который составляет примерно 26 - 33 мин. Таким образом, все дальнейшие измерения параметров СДЛПЗ проводились после стабилизации их температуры, т.е. через 30 мин.

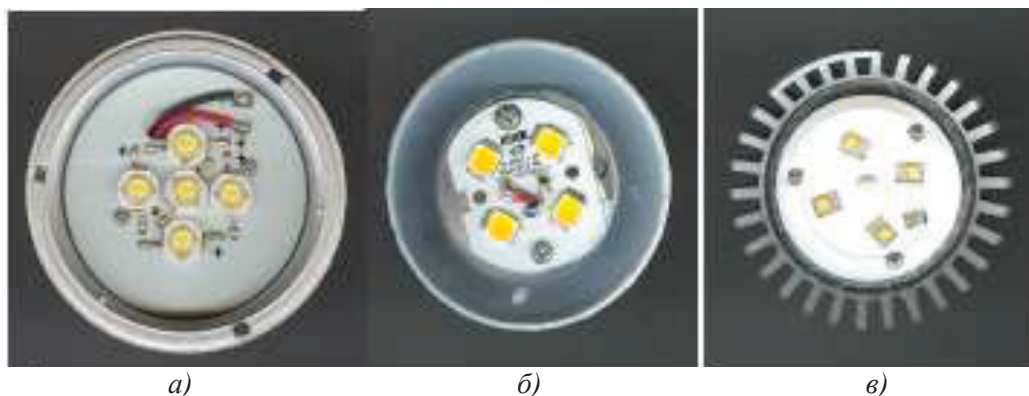


Рис. 2 – Вид исследуемых ламп без рассеивателей
 а – модель **Ledion A55**; б – модель **OSRAM LED PARATHOM**;
 в – модель **PHILIPS MASTER LED BULB MV**

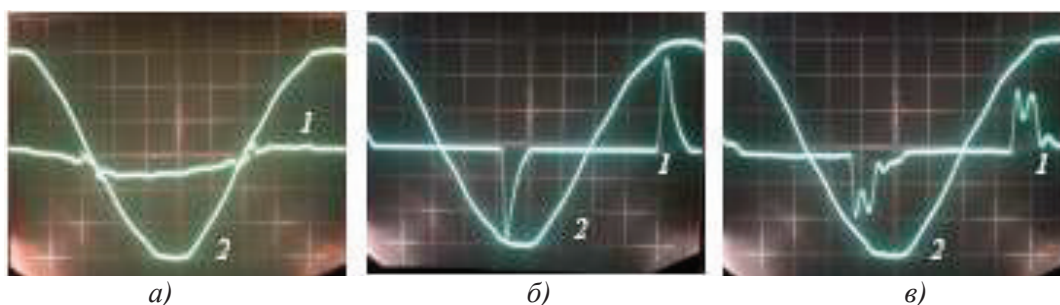


Рис. 3 – Осциллограммы тока (1) и напряжения (2) СДЛПЗ
 а – модель **Ledion A55**; б – модель **OSRAM LED PARATHOM**;
 в – модель **PHILIPS MASTER LED BULB MV**

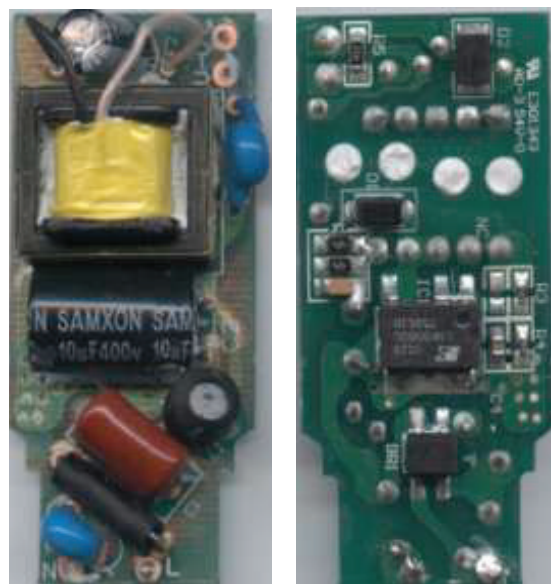


Рис. 4 – Расположение элементов на печатной плате лампы **OSRAM**

Исследование изменения электрических характеристик СДЛПЗ во времени при неизменном питающем напряжении 220 В показало, что драйвер лампы **OSRAM** осуществляет термостабилизацию мощности, а у лампы **PHILIPS** – тока. У лампы **Ledion** характеристики остаются практически неизменными, откуда можно сделать вывод, что ее драйвер осуществляет термостабилизацию электрических характеристик в целом. Хотя из рис. 1 видно, что температура светодиодов в исследованных лампах примерно одинакова.

Результаты исследования изменения тока СДЛПЗ и потребляемой ею мощности при изменении питающего напряжения в пределах от 200 до 240 В при стабилизированной рабочей температуре лампы, показали, что потребляемая

мощность лампой **OSRAM** не изменяется и наблюдается незначительное снижение тока. У лампы **PHILIPS** ток и потребляемая мощность незначительно возрастает в диапазоне напряжений 220-240 В. У лампы **Ledion** исследуемые характеристики в испытуемом диапазоне значительно возрастают, ток примерно на 50 %, а

потребляемая мощность – на 100 %. Таким образом, можно сделать вывод, что схема драйвера лампы **Ledion** не осуществляет стабилизацию электрических характеристик при колебаниях питающего напряжения. Следует отметить, что у ламп **OSRAM**, заявленная на упаковке мощность, соответствует измеренной, у лампы **PHILIPS** потребляемая мощность в рабочем диапазоне напряжений не добирает 0,5 Вт до 7 Вт, а лампа **Ledion** номинальную мощность (5 Вт) имеет при напряжении питания 210 В.

Результаты исследования коррекции коэффициента мощности драйверами СДЛПЗ показывают, что коэффициент мощности у лампы **Ledion** близок к 0,9, а у ламп **OSRAM** и **PHILIPS** – около 0,6. Коэффициент мощности позволяет судить о нелинейных искажениях, вносимых нагрузкой в электросеть. Чем он меньше, тем больше вносятся нелинейных искажений, что наглядно представлено на рис. 3. Кроме этого, полученные результаты показывают, что лампы **OSRAM** и **PHILIPS** – не удовлетворяют требованиям программы Energy Star Минэнерго США [2].

Более подробные результаты исследования СДЛПЗ ламп накаливания приведены в [3-5].

Для исследования схем драйверов светодиодные лампы были демонтированы, а печатные платы с электронными компонентами были освобождены от теплопроводного компаунда, которым заполнялось пространство между драйвером и радиатором.

На рис. 4 представлено расположение элементов на печатной плате драйвера светодиодной лампы **OSRAM**. Принципиальная схема драйвера светодиодной лампы **OSRAM** приведена на рис. 5. Обозначение элементов на схеме соответствует их обозначению на печатной плате.

В основе драйвера светодиодной лампы **OSRAM** лежит микросхема LNK606GG, которая представляет собой импульсный преобразователь переменного тока в постоянный.

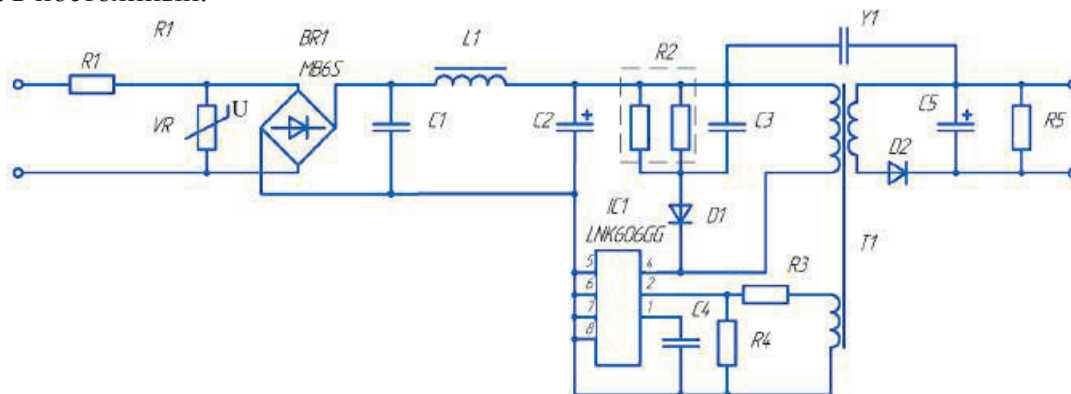


Рис. 5 – Принципиальная схема драйвера светодиодной лампы **OSRAM**

В микросхему встроен MOSFET транзистор, который выдерживает напряжение в 700 В. Благодаря интеграции упрощена внешняя обвязка микросхемы, что существенно снижает стоимость по изготовлению драйвера. В микросхему встроены элементы защиты от перегрева, от перенапряжения, от низкого напряжения, от короткого замыкания во вторичной цепи, благодаря которым схема не выходит в аварийный режим, и не происходит выхода всей лампы из строя. Также есть обратная связь, которая регулирует и поддерживает ток в стабильном состоянии. Она построена на резистивном делителе R3 и R4, с центральной точки которого снимается напряжение обратной связи до 9 В и подаётся на вывод 1 микросхемы. Кроме того, такое включение резисторов помогает избавиться от ненужных помех. Конденсатор C4, связанный с выводом 4, задаёт частоту генерации. Индуктивность L1 и

конденсаторы C1 и C2 являются фильтром, который не пропускает помехи из сети в цепь драйвера и обратно.



Рис. 6 – Расположение элементов на печатной плате лампы **PHILIPS MASTER LED BULB MV**

На рис. 6 представлено расположение элементов на печатной плате драйвера светодиодной лампы **PHILIPS**, а ее схема приведена на рис. 7. Обозначение элементов на схеме соответствует их обозначению на печатной плате.

Драйвер лампы **PHILIPS MASTER LED BULB MV** состоит из микросхемы TEA1522T, которая является регулируемым преобразователем напряжения. Её функциональность схожа с микросхемой LNK606GG, но с меньшей интеграцией и более глубокой обратной связью по напряжению. Обратная связь построена на операционном усилителе M103I, который усиливает малейшее изменение напряжения во вторичной цепи и передаёт сформированный сигнал через оптопару SFH6156-3, служащую для гальванической развязки, на вывод 7 микросхемы TEA1522T.

Микросхема изменяет ширину импульса, тем самым изменяя и напряжение во вторичной цепи. Частоту генерации здесь задают резистор R4 и конденсатор C4. На вывод 8 микросхемы подаётся напряжение синхронизации или так называемое напряжение размагничивания, благодаря которому формируется импульс в нужный период времени, и встроенный MOSFET транзистор не выводится в жёсткие режимы.

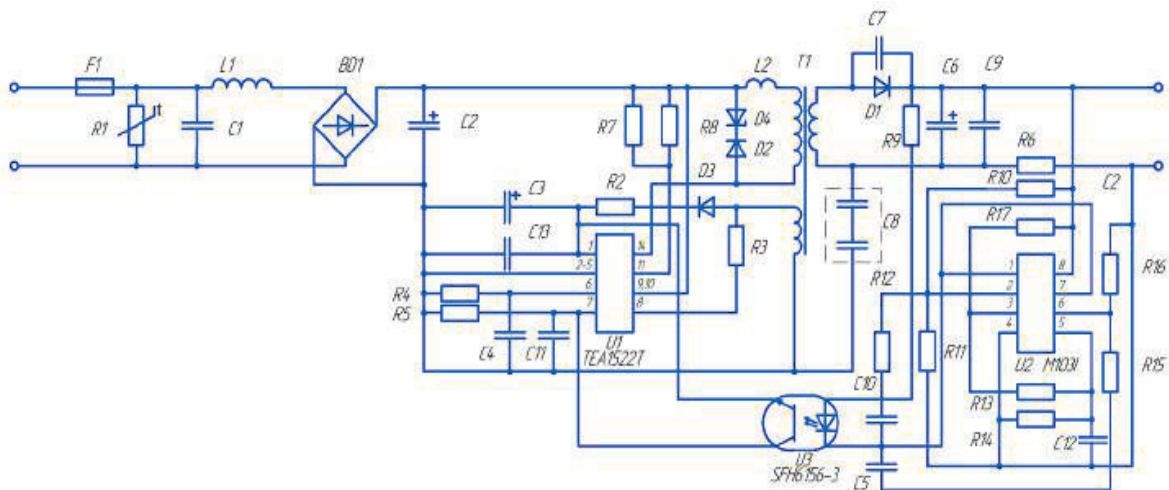


Рис. 7 – Принципиальная схема драйвера светодиодной лампы
PHILIPS MASTER LED BULB MV

На рис. 8 представлено расположение элементов на печатной плате драйвера светодиодной лампы **Ledion**, схема драйвера – на рис. 9. Обозначение элементов на схеме соответствует их обозначению на печатной плате.

Микросхема SSL2101T, лежащая в основе драйвера светодиодной лампы **Ledion Lighting A55**, функционально аналогична предыдущим микросхемам с той разницей, что драйвер на ее основе предполагает диммирование [6]. Однако производители на

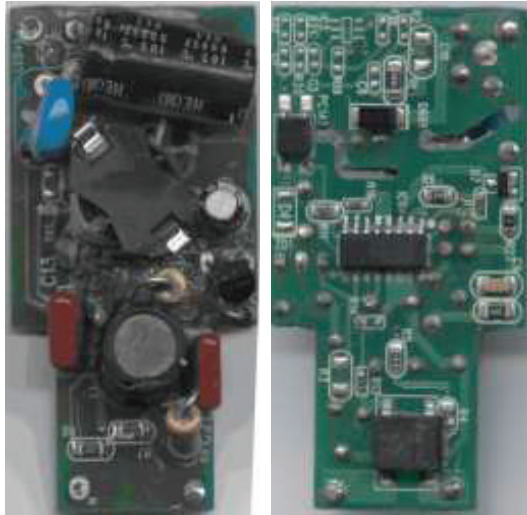


Рис. 8 – Расположение элементов на печатной плате лампы **Ledion Lighting A55**

упаковке указали обратное и не стали в схеме делать обратную связь - оптопара обратной связи была впаяна в плату драйвера, но остальные элементы, отвечающие за передачу сигнала, отсутствовали. Исходя из этого, можно предположить что производители СДЛПЗ могут их поставлять на рынок как с функционирующей обратной связью драйвера, так и без нее, что ухудшает потребительские качества СДЛПЗ.

Таким образом, во всех представленных схемах применяется гальваническая развязка. Это необходимо исходя из требований электробезопасности – для защиты от воздействия электрического тока. В качестве гальванической развязки во всех лампах использовался импульсный трансформатор.

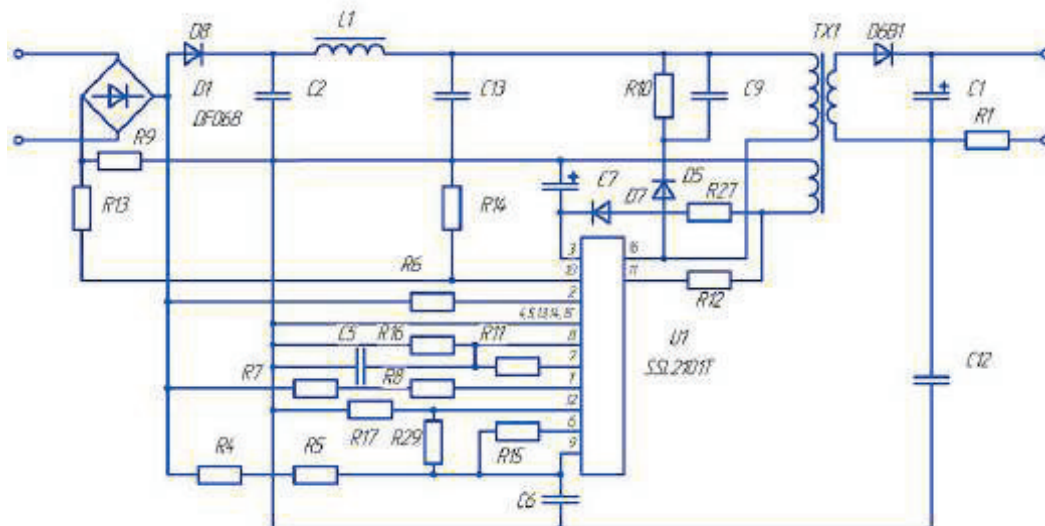


Рис. 9 – Принципиальная схема драйвера светодиодной лампы **Ledion Lighting A55**

Из полученных результатов видно, что структура принципиальной схемы драйвера влияет на фотометрические параметры светодиодных ламп. Так наличие обратной связи, регулирующей и стабилизирующей ток и напряжение во вторичной цепи драйвера, приводит к независимости светового потока и световой отдаче ламп Philips MASTER LED BULB MV и Osram Parathon Classic A 25 при изменении напряжения питания. Этим же объясняется низкое значение коэффициента пульсации этих ламп, так как регулировка тока и напряжения во вторичной цепи драйвера осуществляется в течение периода питающего переменного тока частотой 50 Гц.

Отсутствие обратной связи в схеме драйвера светодиодной лампы **Ledion Lighting A55** приводит к существенной зависимости световых и электрических параметров от сетевого напряжения. Этим же объясняется высокий коэффициент пульсации светового потока данной лампы.

Заключение. Обследование СДЛПЗ показало, что параметры лампы **Ledion** изменяются при изменении питающего напряжения, что связано с отсутствием обратной связи в схеме драйвера. У СДЛПЗ **PHILIPS** и **OSRAM** в схемах драйверов

имеется обратная связь, что приводит к стабильности параметров. Положительным моментом является то, что во всех рассмотренных схемах осуществляется гальваническая развязка между светодиодами и питающей сетью посредством импульсного трансформатора.

Определено, что максимальную пульсацию светового потока имеет СДЛПЗ **Ledion** (34,4%); остальные светодиодные лампы имеют небольшой коэффициент пульсации (0,4-0,7%). Кроме того, выявлено несоответствие мощности лампы **Ledion**, указанной на упаковке (5 Вт), измеренной (10 Вт), у остальных ламп информация на упаковке соответствует результатам измерений.

Недостатком исследованных ламп является сравнительно низкое значение коэффициента мощности ламп **PHILIPS** и **OSRAM** которые составляют, соответственно, 0,60 и 0,55 при номинальном напряжении сети. Это будет приводить к появлению нелинейных искажений в сети и потерям мощности в питающих проводах осветительной установки.

Литература

1. Айзенберг Ю.Б. Задача стимулирования производства и применения энергоэффективных светотехнических изделий // Светотехника. – 2009. – № 2. – С. 46-47.
2. Лишик С.И. О светодиодных лампах прямой замены /С.И. Лишик, А.А. Паутино, В.С. Поседейко, Ю.В. Трофимов, В.И. Цвирко // Светотехника. – 2010. № 1–С. 48-54.
3. Ашрятов А.А, Барина И.А., Шегуренков П.А. Исследование влияния положения горения светодиодных ламп на их параметры. / Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники энергетики. Сб. науч. тр. IX Междунар. науч.-тех.конф., Саранск, 14-15 декабря 2011г. – Саранск : СВМО, 2011. С. 89-91.
4. Ашрятов А.А, Барина И.А., Салехов Р.Ф. Исследование цветовых параметров светодиодных ламп. / Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники энергетики. Сб. науч. тр. IX Междунар. науч.-тех.конф., Саранск, 14-15 декабря 2011г. – Саранск : СВМО, 2011. С. 92-95.
5. Ашрятов А.А, Носов Д.А., Голов Д.Ю. Исследование работы светодиодных ламп, предназначенных для замены ламп накаливания. / Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники энергетики. Сб. науч. тр. IX Междунар. науч.-тех.конф., Саранск, 14-15 декабря 2011г. – Саранск : СВМО, 2011. С. 95-100.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СВІТЛОДІОДНИХ ЛАМП І ЇХ ДРАЙВЕРІВ

А. А. Ашрятов, І. А. Барінова

У статті наведено результати досліджень світлотехнічних характеристик світлодіодних ламп для прямої заміни ламп розжарювання загального призначення. Розглянуто схематехнічні рішення, використані в їх драйверах. Визначено вплив структури принципової схеми драйвера на характеристики світлодіодних ламп.

INVESTIGATION OF THE PARAMETERS OF LED LAMPS AND THEIR DRIVERS

A. A. Ashryatov, I. A. Barinova

The results of studies lighting characteristics of LED lamps for direct replacement of incandescent lamps for general purposes. Considered circuit solutions used in their drivers. The influence of the structure of the concept on the performance drivers of LED lamps.